

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	チートウ* (参考)
H 0 4 N 5/232		H 0 4 N 5/232	Z 5 C 0 2 2
5/335		5/335	V 5 C 0 2 4

審査請求 未請求 請求項の数19 ○ L (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願平10-174830

(22) 出願日 平成10年6月22日 (1998.6.22)

(71) 出願人 00001007

キャノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 坂見 孝彦

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内

(74) 代理人 100009877

弁理士 丸島 徹一

Fターム(参考) 5C022 AA13 AB55 AC42 AC89

5C024 AA01 BA01 CA11 DA04 FA01

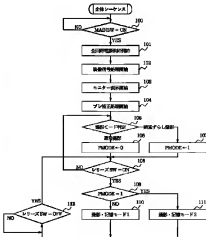
FA14 HA24

(54) 【発明の名称】 撮像装置及び撮像装置の制御方法

(57) 【要約】

【課題】 ぶれ補正光学系を用いて、ぶれ補正と画素ずらしの2つの撮影モードを実現し、且つ制御の適正化を図ることにある。

【解決手段】 撮像手段素子と、振れ検出手段と、該振れ検出手段の出力に基づいて振れ補正する補正光学系と、前記撮像手段上における像の位置を前記補正光学系を用いて微小変位させる画素ずらし手段と、前記画素ずらし手段によって前記撮像素子上の像の位置を変位して撮像された複数の画像データに基づいて高解像度の画像を合成する画像合成手段と、振れ補正を目的とした第1の撮影モードでは前記補正光学系の分解能よりも可動範囲を優先する制御を行い、高解像度画像合成を目的とした第2の撮影モードでは前記補正光学系の可動範囲を狭くし、分解能を優先する制御を行う制御手段とを備えた撮像装置。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 撮像手段と、

振れを検出する振れ検出手段と、

該振れ検出手段の出力に基づいて像振れを補正する像振れ補正手段と、

前記撮像手段上における像の位置を、前記像振れ補正手段を用いて微小変位させる画素ずらし手段と、

前記画素ずらし手段によって前記撮像手段上像の位置を変位して撮像された複数の画像データに基づいて高解像度の画像を合成する画像合成手段と、

像振れを補正することを目的とした第1の撮影モードと、高解像度の画像を合成することを目的とした第2の撮影モードを選択可能で、選択された撮影モードによって前記像振れ補正手段の駆動制御を変更する制御手段と、を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項2】 請求項1において、

前記像振れ補正手段は、補正部の現在位置を検出する位置検出手段と、該位置検出手段からの出力には異なる増幅率を有する少なくとも2つ以上の検幅部とを備え、前記制御手段は、前記選択された撮影モードに応じて、前記増幅部の出力を選択するように構成されていることを特徴とする撮像装置。

【請求項3】 請求項1において、

前記像振れ補正手段は、補正光学系を備え、前記制御手段は、前記像振れ補正手段に対し、前記第1の撮影モードでは、前記補正光学系の分解能よりも可動範囲を優先する制御を行わせ、前記第2の撮影モードでは、前記補正光学系の可動範囲を狭くし、分解能を高めることを優先する制御を行わせるように構成されていることを特徴とする撮像装置。

【請求項4】 請求項1において、

前記制御手段は、前記像振れ補正手段の周波数特性を、前記撮影モードに応じて変更する周波数特性変更手段を備えていることを特徴とする撮像装置。

【請求項5】 請求項4において、

前記周波数特性変更手段は、前記第1の撮影モードでは、前記像振れ補正手段の補正対象とする振れ周波数範囲に対する位相遅れを減少させるように周波数特性を設定し、前記第2の撮影モードでは、前記画素ずらし手段による前記像振れ補正手段の微小駆動時の応答性を優先して周波数特性を設定するように構成されていることを特徴とする撮像装置。

【請求項6】 請求項5において、

前記第2の撮影モードにおける前記周波数特性は、前記画素ずらし手段によって前記像振れ補正手段が静止摩擦に抗して目標位置へと微小駆動可能な応答性に基づいて決定されるように構成されていることを特徴とする撮像装置。

【請求項7】 請求項1において、

前記制御手段は、操作者が任意に切り換え可能に構成さ

れていることを特徴とする撮像装置。

【請求項8】 撮像手段と、

振れを検出する振れ検出手段と、

該振れ検出手段の出力に基づいて像振れを補正する像振れ補正手段と、

前記撮像手段上における像の位置を、前記像振れ補正手段を用いて微小変位させる画素ずらし手段と、

前記画素ずらし手段によって前記撮像手段上像の位置を変位して撮像された複数の画像データに基づいて高解像度の画像を合成する画像合成手段と、

像振れを補正することを目的とした第1の撮影モードと、高解像度の画像を合成することを目的とした第2の撮影モードを選択可能で、選択された撮影モードによって前記像振れ検出手段からの信号処理方法を変更する制御手段と、を備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項9】 請求項8において、

前記制御手段は、前記第2の撮影モードが選択された場合には、振れ検出手段を行わないように制御することを特徴とする撮像装置。

【請求項10】 請求項9において、

前記制御手段は、前記第2の撮影モードが選択された場合には、振れ検出手段への電源供給を行わないように制御することを特徴とする撮像装置。

【請求項11】 請求項10において、

前記第2の撮影モードが選択された場合には、前記振れ検出手段への通電を行わず、前記制御手段より前記像振れ補正手段の目標位置を出力するように構成されていることを特徴とする撮像装置。

【請求項12】 請求項8において、

前記制御手段は、前記第2の撮影モードが選択された場合には、振れ検出手段の出力に基づく前記像振れ補正手段の動作を禁止するように制御することを特徴とする撮像装置。

【請求項13】 請求項8において、

前記制御手段は、前記第1の撮影モードが選択された場合には、前記撮像装置の電源ONに応じて、前記振れ検出手段へと通電を開始し、前記振れ検出手段の出力に基づいて前記像振れ補正手段を駆動制御するように構成されていることを特徴とする撮像装置。

【請求項14】 撮像手段と、

振れを検出する振れ検出手段と、

前記振れ検出手段の出力に基づいて像振れを補正する像振れ補正手段と、

前記像振れ補正手段を前記撮像手段上における像の位置を、前記像振れ補正手段を用いて微小変位させる画素ずらし手段と、

前記画素ずらし手段によって前記撮像手段上像の位置を変位して撮像された複数の画像データに基づいて高解像度の画像を合成する画像合成手段とを備えた撮像装置の制御方法であって、

前記像振れ補正手段による像振れを補正することを目的とした第1の撮影モードと、高解像度の画像を合成することを目的とした第2の撮影モードを選択可能とし、且つ選択された撮影モードによって前記像振れ補正手段の駆動制御を変更するようにしたことを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項15】 請求項14において、前記第1の撮影モードでは、前記像振れ補正手段の補正光学系の分解能よりも可動範囲を優先する制御を行わせ、前記第2の撮影モードでは、前記補正光学系の可動範囲を狭くし、分解能を高めることを優先する制御を行わせるようにしたことを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項16】 請求項15において、前記第1の撮影モードでは、前記像振れ補正手段の補正対象とする振れ周波数範囲に対する位相遅れを減少させるように周波数特性を設定し、前記第2の撮影モードでは、前記画素ずらし手段による前記像振れ補正手段の微小駆動時の応答性を優先して周波数特性を設定するようにしたことを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項17】 撮像手段と、振れを検出する振れ検出手段と、該振れ検出手段の出力に基づいて像振れを補正する像振れ補正手段と、

前記撮像手段上における像の位置を、前記像振れ補正手段を用いて微小変位させる画素ずらし手段と、前記画素ずらし手段によって前記撮像手段上像の位置を変位して撮像された複数の画像データに基づいて高解像度の画像を合成する画像合成手段とを備えた撮像装置の制御方法であって、

像振れを補正することを目的とした第1の撮影モードと、高解像度の画像を合成することを目的とした第2の撮影モードとを選択可能で、且つ選択された撮影モードによって前記振れ検出手段からの信号処理方法を変更するようにしたことを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項18】 請求項17において、前記第2の撮影モードが選択された場合には、振れ検出手段を行わないように制御することを特徴とする撮像装置の制御方法。

【請求項19】 請求項17において、前記第2の撮影モードが選択された場合には、前記振れ検出手段への送電を行わず、前記制御手段より前記像振れ補正手段の目標位置を出力するように制御することを特徴とする撮像装置の制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画素ずらしによる高精細画像撮像機能及び像振れ補正機能を備えた撮像装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、この種のデジタルスチルカメラでは、特開平7-240932号公報に開示されている様な、撮影レンズ前部に取り付けた可変頂角プリズム等の光軸偏向手段を用いて、撮像素子上に投影される被写体像を空間的に且つ時系列的にずらし、各々の撮影データを後で合成する事で最終的に高解像度の画像を得る、いわゆる画素ずらし方法がある。

【0003】この方法の場合、まず可変頂角プリズムがある所定の角度になっている状態で、1回目の撮影を行って、その時の被写体像を撮像素子で撮像し、その各面素子データを順々に読み出しA/Dコンバータを介してデジタルデータに変換してメモリに記憶する。

【0004】一方、前記読み出しを行っている最中にも続けて次の撮影を行うが、この場合撮影開始前（例えばVブランキング期間中）に、可変頂角プリズムを最初の撮影に対して所定量傾ける事で、撮像素子上に投影される被写体像の傾斜位置が、最初の撮影の場合と比べて異なるようになる。

【0005】従って、この可変頂角プリズムの所定量変位量を適当に選んでやれば、最初の撮影と2番目の撮影での撮像素子上の被写体像は、例えば撮像素子の各面素子間隔の1/2だけずれた状態を作り出す事が出来る。この様な方法で、各撮影毎に可変頂角プリズムを所定量変位させていき、複数の異なる空間位置での同一撮影データを別々にメモリに記憶していく。

【0006】通常、R（レッド）、G（グリーン）、B（ブルー）の各色ごとに別々のCCDを使った3板式の場合、最初の取り組み画像に対して、次はX方向のみ1/2画素だけずれる様に可変頂角プリズムを駆動し、その次はY方向のみ1/2画素だけずれる様に可変頂角プリズムを駆動し、最後に2番目の駆動方向とは反対のX方向のみ1/2画素だけずれる様に可変頂角プリズムを駆動する。

【0007】こうして得られた4回の撮影データを後処理で合成する事により、オリジナルの撮像素子から得られる撮影データに対して、水平・垂直共に2倍の解像力を持つ撮影データを得る事が可能となる。

【0008】一方、撮影者の手振れによる像振れを防ぐいわゆる防振装置としては、上記可変頂角プリズムを用いた補正手段の他に、図3にその具体的構成を記載したシフト補正手段なるものも用いられる。

【0009】このシフト補正手段の詳細な動作は後述するが、これは撮影光学手段の光学系の一部のレンズ群を、光軸に対して垂直な平面上を自在に動かす事が出来る様にしたものであり、このレンズ群を所定のX、Y方向に移動させれば、前述した可変頂角プリズムを用いた画素ずらし撮影と全く同様な効果が得られる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、画素ずらし機能と、像振れ補正機能の共存における問題点につ

いて、また実際に手振れ防止を実行する場合と画素ずらしを実行する場合とで、補正系の制御の仕方の違いについては考慮がなされておらず、何等開示されていない。

【0011】実際の使用を考えた場合、撮影者が防振撮影モードを選択した時は、主に手持ち撮影での撮影者の手振れ量を補償する様なストロークが必要であり、その為の何らかの補正系の制御が不可欠である。

【0012】一方、撮影者が前述した画素ずらし撮影モードを選択した時は、複数回の露光が必要なので、主として三脚撮影を前提としており、この場合は撮影者の手振れを補償するよりも、前述したようなかなり細かいピッチでの位置制御が不可欠となる。

【0013】そこで本発明の課題は、防振撮影モードと画素ずらし撮影モードの動作状態に最適な制御方法を用いた撮像装置を提供することであり、その第1の目的は、防振撮影を実行する第1の撮影モードと、画素ずらし撮影を実行する第2の撮影モードとで、補正手段の駆動制御そのものを変更するようにした撮像装置を提供することにある。

【0014】また本発明の第2の目的は、防振撮影を実行する第1の撮影モードと、画素ずらし撮影を実行する第2の撮影モードとで、振れセンサ処理そのものを変更するようにした撮像装置を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本願における請求項1に記載の発明によれば、撮像手段と、振れを検出する振れ検出手段と、該振れ検出手段の出力に基づいて像振れを補正する像振れ補正手段と、前記撮像手段上における像の位置を、前記像振れ補正手段を用いて微小変位させる画素ずらし手段と、前記画素ずらし手段によって前記撮像手段上像の位置を変位して撮像された複数の画像データに基づいて高解像度の画像を合成する画像合成手段と、像振れを補正することを目的とした第1の撮影モードと、高解像度の画像を合成することを目的とした第2の撮影モードを選択可能で、選択された撮影モードによって前記像振れ補正手段の駆動制御を変更する制御手段とを備えた撮像装置を特徴とする。

【0016】本願における請求項2に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明において、前記像振れ補正手段は、補正部の現在位置を検出する位置検出手段と、該位置検出手段からの出力には異なる増幅率を有する少なくとも2つ以上の増幅部とを備え、前記制御手段は、前記選択された撮影モードに応じて、前記増幅部の出力を選択するように構成されている撮像装置を特徴とする。

【0017】本願における請求項3に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明において、前記像振れ補正手段は、補正光学系を備え、前記制御手段は、前記像振れ補正手段に対し、前記第1の撮影モードでは、前記補正

光学系の分解能よりも可動範囲を優先する制御を行わせ、前記第2の撮影モードでは、前記補正光学系の可動範囲を狭くし、分解能を高めることを優先する制御を行わせるように構成されている撮像装置を特徴とする。

【0018】本願における請求項4に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明において、前記制御手段が、前記像振れ補正手段の周波数特性を、前記撮影モードに応じて変更する周波数特性変更手段を備えた撮像装置を特徴とする。

【0019】本願における請求項5に記載の発明によれば、請求項4に記載の発明において、前記周波数特性変更手段は、前記第1の撮影モードでは、前記像振れ補正手段の補正対象とする振れ周波数範囲に対する位相遅れを減少させるように周波数特性を設定し、前記第2の撮影モードでは、前記画素ずらし手段による前記像振れ補正手段の微小駆動時の応答性を優先して周波数特性を設定するように構成された撮像装置を特徴とする。

【0020】本願における請求項6に記載の発明によれば、請求項5に記載の発明において、前記第2の撮影モードにおける前記周波数特性が、前記画素ずらし手段によって前記像振れ補正手段が停止摩擦に依して目標位置へと微小駆動可能な応答性に基づいて決定されるように構成された撮像装置を特徴とする。

【0021】本願における請求項7に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明において、前記制御手段が、操作者が任意に切り換え可能に構成された撮像装置を特徴とする。

【0022】本願における請求項8に記載の発明によれば、撮像手段と、振れを検出する振れ検出手段と、該振れ検出手段の出力に基づいて像振れを補正する像振れ補正手段と、前記撮像手段上における像の位置を、前記像振れ補正手段を用いて微小変位させる画素ずらし手段と、前記画素ずらし手段によって前記撮像手段上像の位置を変位して撮像された複数の画像データに基づいて高解像度の画像を合成する画像合成手段と、像振れを補正することを目的とした第1の撮影モードと、高解像度の画像を合成することを目的とした第2の撮影モードを選択可能で、選択された撮影モードによって前記振れ検出手段からの信号処理方法を変更する制御手段とを備えた撮像装置を特徴とする。

【0023】本願における請求項9に記載の発明によれば、請求項8に記載の発明において、前記制御手段を、前記第2の撮影モードが選択された場合には、振れ検出手段への電源供給を行わないように制御することく構成された撮像装置を特徴とする。

【0024】本願における請求項10に記載の発明によれば、請求項9に記載の発明において、前記制御手段が、前記第2の撮影モードが選択された場合には、振れ検出手段への電源供給を行わないように制御することく構成された撮像装置を特徴とする。

【0025】本願における請求項1に記載の発明によれば、請求項10に記載の発明において、前記第2の撮影モードが選択された場合には、前記揺れ検出手段への通電を行わず、前記制御手段より前記揺れ補正手段の目標位置を出力するように構成された撮像装置を特徴とする。

【0026】本願における請求項12に記載の発明によれば、請求項8に記載の発明において、前記制御手段が、前記第2の撮影モードが選択された場合には、揺れ検出手段の出力に基づき前記揺れ補正手段の動作を禁止するように制御することく構成された撮像装置を特徴とする。

【0027】本願における請求項13に記載の発明によれば、請求項8において、前記制御手段が、前記第1の撮影モードが選択された場合には、前記撮像装置の電源ONに応じて、前記揺れ検出手段へ通電を開始し、前記揺れ検出手段の出力に基づいて前記揺れ補正手段を駆動制御するように構成された撮像装置を特徴とする。

【0028】本願における請求項14に記載の発明によれば、撮像手段と、揺れを検出する揺れ検出手段と、前記揺れ検出手段の出力に基づいて像歪みを補正する像歪れ補正手段と、前記揺れ補正手段を前記撮像手段上における像の位置を、前記揺れ補正手段を用いて微小変位させる面素ずらし手段と、前記面素ずらし手段によって前記撮像手段上像の位置を位置して複数の複数の画像データに基づいて高解像度の画像を合成する画像合成手段とを備えた撮像装置の制御方法であって、前記揺れ補正手段による像歪みを補正することを目的とした第1の撮影モードと、高解像度の画像を合成することを目的とした第2の撮影モードを選択可能とし、且つ選択された撮影モードによって前記揺れ補正手段の駆動制御方法を変更するようにした撮像装置の製造方法を特徴とする。

【0029】本願における請求項15に記載の発明によれば、請求項14に記載の発明において、前記第1の撮影モードでは、前記揺れ補正手段の補正光学系の分解能よりも可動範囲を優先する制御を行わせ、前記第2の撮影モードでは、前記補正光学系の可動範囲を狭くし、分解能を高めることを優先する制御を行わせるようにした撮像装置の制御方法を特徴とする。

【0030】本願の請求項16に記載の発明によれば、請求項15に記載の発明において、前記第1の撮影モードでは、前記揺れ補正手段の補正対象とする揺れ周波数範囲に対する位相遅れを減少させるように周波数特性を設定し、前記第2の撮影モードでは、前記面素ずらし手段による前記揺れ補正手段の微小駆動時の応答性を優先して周波数特性を設定するようにした撮像装置の制御方法を特徴とする。

【0031】本願の請求項17に記載の発明によれば、撮像手段と、揺れを検出する揺れ検出手段と、該揺れ検

出手段の出力に基づいて像歪みを補正する像歪れ補正手段と、前記撮像手段上における像の位置を、前記揺れ補正手段を用いて微小変位させる面素ずらし手段と、前記面素ずらし手段によって前記撮像手段上像の位置を位置して複数の複数の画像データに基づいて高解像度の画像を合成する画像合成手段とを備えた撮像装置の制御方法であって、像歪みを補正することを目的とした第1の撮影モードと、高解像度の画像を合成することを目的とした第2の撮影モードとを選択可能で、且つ選択された撮影モードによって前記揺れ検出手段からの信号処理方法を変更するようにした撮像装置の製造方法を特徴とする。

【0032】また本願の請求項18に記載の発明によれば、請求項17に記載の発明において、前記第2の撮影モードが選択された場合には、揺れ検出手段を行わないように制御する撮像装置の制御方法を特徴とする。

【0033】また本願の請求項19に記載の発明によれば、請求項17に記載の発明において、前記第2の撮影モードが選択された場合には、前記揺れ検出手段への通電を行わず、前記制御手段より前記揺れ補正手段の目標位置を出力するように構成されている撮像装置を特徴とする。

【0034】

【発明の実施形態】〈第1の実施形態〉図1は本発明の全体のハードウェア構成を示すブロック図であり、本図に於いて1はカメラ全体の制御を司る制御手段としてのCPUで、2はカメラ自身の撮影モードを設定する為の撮影モード設定手段であり、例えば通常の手持ち撮影を行う場合の撮影者自身の手振れによって生ずる像歪れを取り除く為の防振撮影モードと、三脚などに据え付け状態で複数の撮影を行い、且つ各撮影毎に撮像素子の面素ピッチ程度の極小な量だけ放写体像の結像位置をずらし、後でこの複数の画像を合成する事で高精細の画像を作り出す為の面素ずらし撮影モードを切り替える為のスイッチ等で構成されている。

【0035】更に付け加えると、18はカメラの撮影を開始する為のカメラ操作スイッチで、全回路系への電源供給を開始する為のメインスイッチ、及び実際の撮影を開始する為のリリーススイッチを表している。

【0036】次に、3は本カメラの主撮影光学系を表したものであり、又、4は後述する様に撮像手段6上に結像する放写体像を、空間的に平行にする所謂面素ずらしを行う為の光学手段を表したものである。ここでこの光学手段としては、例えば図3に示した様ないわゆるシフト補正光学系を使用している。

【0037】このシフト光学系の具体的構成を図3を用いて説明する。本図に於いて50は図1の補正レンズ群4に相当し、この補正レンズ群50は図3中のX軸方向への移動に対して、マグネット及びヨークから成る磁気部材51と巻線コイル52で構成される磁気回路ユニッ

ト中で、巻線コイル52へ通電する電流量及び電流方向を変える事で自在に動作させる事が可能である。同様に図3中のY軸方向への移動に対して、マグネット及びヨークから成る磁気部材53と巻線コイル54で構成される磁気回路ユニット中で、巻線コイル54への電流量及び電流方向を変える事で自在に動作させる事が可能である。

【0038】こうした補正レンズ群の実際の動きは、鏡筒支持棒55に対する相対的な動き量として、レンズ群と一体となって動くIRED56(X方向検出用)及びIRED57(Y方向検出用)と、鏡筒支持棒55に固定的に取り付けであるPSD58(X方向検出用)及びPSD59(Y方向検出用)との組み合わせによって、光学的に非接触な方法で検出する構成となっている。

【0039】その他、60は上記補正光学系への駆動を停止した状態で、そのレンズ群の位置を所定位置に固定する為のメカロック機構であり、これに付随する磁気マグネットへの電流通電方向を変える事により、上記メカロック機構のレバー先端の突起部61が補正レンズ群50と一体となって動く窪み部に飛び込むか、飛び出すかでロック状態(補正レンズ群がメカ的に固定された状態)、アンロック状態(補正レンズ群がフリーな状態)を作り出す。因みに、63は補正レンズ群50の光軸に対する倒れを規制する為のあおり止めとしての支持球である。

【0040】以上のようにシフト光学系自体は構成されているが、このシフト光学系の実際の位置は、上述したように上記PSDとIREDの組み合わせを含む補正系位置検出手段19で検出する。

【0041】この補正系位置検出手段の具体的な回路構成を、図4を用いて説明する。この中で、ある所定の電流を流す事で赤外光を発しているIRED71からの信号光は、スリット72を介してPSD70に入射する。

【0042】このPSD70で生ずる2つの光電流 I_a 及び I_b は、それぞれIRED71からの信号光の入射する位置(実際には信号光のPSD上での投影像の重心位置)に応じてその比率が変化する。その電流値の和 $(I_a + I_b)$ は入射光量レベルに比例する。

【0043】この電流出力 I_a は、OPアンプ73及び抵抗74で構成される電流-電圧変換回路を通して電圧出力 V_a となり、もう一方の電流出力 I_b も同様に、OPアンプ75及び抵抗76で構成される電流-電圧変換回路を通して電圧出力 V_b となる。

【0044】次に、この同電圧出力 V_a 、 V_b は、一つはOPアンプ77及び抵抗78、79、80、81からなる減算回路へ入力し、ここで両出力の減算を行って、出力 $V_a - V_b$ を生ずる。この出力は、当然の事ながらIRED71からの信号光の入射位置がPSD70のa側に近づくにつれ+側側に大きくなり、入射位置がPSD70のb側に近づくにつれ-側側に大きくなるの

で、図3に示した如くシフトレンズ群50の動きと一体となって動くIREDの動きをそのまま出力する。

【0045】又、 V_a 、 V_b の両出力は、OPアンプ82、抵抗83、84、85からなる加算回路へも入力し、ここで両出力の加算を行って、出力 $V_a + V_b$ を生ずる。この出力は各OPアンプの基準電圧 V_C に対して、信号光が入射した事による信号電圧成分が加算したものであり、この電圧を次のOPアンプ86、トランジスタ87、抵抗88、89、91、コンデンサ90で構成されるIRED駆動回路へ入力し、ここで $V_a + V_b$ の出力が基準電圧 V_C ($> V_C$)に等しくなる様に、自動的にIRED電流を調整する動作を行う。この様に、PSDからの信号出力の和が、温度やIRED発光パワーの固体差等に拘らず、常に一定となる様にIRED電流を調整してやれば、一方の $V_a - V_b$ の出力は、常に正確にシフトレンズ群の位置を表す事になる。

【0046】続いてこの $V_a - V_b$ 出力は、点線Aで囲まれたOPアンプ92、抵抗93、94からなる反転増幅回路へ入力し、ここで所定の増幅を行ってからその出力をA/Dコンバータ98のAN-A入力へ接続する。

【0047】又、 $V_a - V_b$ 出力は、点線Bで囲まれたOPアンプ95、抵抗96、97からなる反転増幅回路へ入力し、ここで所定の増幅を行ってからその出力をA/Dコンバータ98のAN-B入力へ接続する。

【0048】ここで、点線Bで囲まれた部分の増幅部の増幅率は、点線Aで囲まれた部分の増幅部の増幅率より大きく設定されており、PSD上での単位移動量当たりの電圧出力が大きくなっている。

【0049】以上の構成で補正系の絶対位置を取り出すが、Y方向の動きに対しても全く同様な方法で出力を取り出せるのでこの説明は省略する。

【0050】通常このシフト補正光学系は、カメラ全体の撮影者自身による手ブレ防止機構の為に使用するものであり、この場合カメラ全体のブレ量を検知するセンサ17(通常駆動ジャイロと呼ばれる角速度センサを2個使用し、異なる2軸周(ヨー、ピッチ)の角速度ブレを別々に検出する)の出力を使用する。

【0051】この振れセンサ及び処理回路の構成として、具体的には図2の機になっている。実際に角速度を検知する振動子40からの出力を同期検出回路41を介して取り出し、その出力から再び駆動回路42を通して振動子そのものの共振周波数付近で共振駆動する。

【0052】従って、振動子からの出力はその共振周波数でAM変調された信号となつて現れ、振動子40が検出するコリオリ力を同期検出回路41を通して検出する事で、通常の角速度信号に相当する出力を取り出す。

【0053】この同期検出回路41を通した出力には、角速度入力がない場合でもある所定のオフセット電圧(ヌル電圧)が存在し、この不要DC電圧成分を取り除く為に、OPアンプ43、コンデンサ44、抵抗45、

46、47から成るアクティブのハイパスフィルタ回路を通して、所定周波数以下の信号成分をカットし、必要な帯域信号成分のみをA/Dコンバータへ入力する様にしている。

【0054】従って、図1では振れセンサ17の出力、及びシフト補正光学系の現在位置を検出する補正系位置検出手段19の出力を共に補正系制御手段20へ入力し、ここで後述する具体的制御に従って、シフト補正光学系4を駆動する為のデータに変換した後、補正系駆動手段5を通してレンズを動かす事で、常に被写体像が振れずに所定の結像面で安定するようになるものである。

【0055】一方、撮像手段6上に結像した被写体像信号は、6〜16で構成される一連の映像信号処理回路でもって所定のデジタルデータに変換される様になっている。

【0056】まず撮像手段6（一般にはCCD等の撮像素子を使用）で所定時間に渡って蓄積した電荷を、各画素毎に順々に読み出すと同時に、A/D変換手段7でもってこの電荷量に相当する被写体輝度情報をデジタルデータに変換する。

【0057】ここで撮像手段6上には、RGB等の各色信号等を作り出す為の光学色フィルタが貼り付けてある為、撮像手段6からの出力信号は交互に各色を示す信号となって現れる。このA/D変換手段7からの出力値は、通常実際の撮影前の段階では、まずプロセス処理回路8へ入力し、ここでゲークレベル補正や γ 変換等を行ってから、その結果を画像合成回路9へ入力するようになっている。

【0058】ここで、この画像合成回路9での実際の処理について、図5を用いて説明を行う。この図に使用している撮像素子の色フィルタ配列は、一般的なバヤー配列で、G（グリーン）の市松、R（レッド）、B（ブルー）線順次の配列となっている。したがって単板の撮像素子の場合、全ての画素にRGBの情報があるわけではないので、例えば図中央に示した3×3のマトリックス行列を使用した補間演算にて、撮像素子上の画素ポイントにおけるRGB色情報を作り出すのが一般的である。

【0059】図5では、Gの補間フィルタとR/Bの補間フィルタは異なっているが、例えばaの位置のG信号を作り出す場合、点線で囲んだa及びその周囲8画素の各輝度データに、Gの補間フィルタの係数をそれぞれ掛け合わせる事で求める事が出来る。

【0060】この図の場合、aの位置のG出力に対する係数は1で、その上下左右は、0.25であるが、この位置のG出力は0なので、実質的にはこのaの位置の出力値のみでGデータは決定する。一方bの位置のG信号を作り出す場合、同様に点線で囲んだa及びその周囲8画素の各輝度データに、Gの補間フィルタの係数をそれぞれ掛け合わせる事で求めるが、この場合はb位置のG出

力は0なので、上下左右のG出力の平均値を使って、この位置でのGデータを決めるものである。

【0061】同様にR/Bについても、Gとは異なるR/B補間フィルタを使用して、画素ポイントに対するR/Bデータを決定する。この様に、最終的には図5の右端に示した様に画素ポイントに対するRGBの出力を生成する事が出来る。

【0062】以上の様な方法で算出したRGBの各データを、各フレーム毎にビデオメモリ15に転送し、このビデオメモリ上の各データに基づき、モニタ表示手段16によって撮影直前のファインダ表示を行う。

【0063】一方、実際の撮影時には、プロセス処理回路8を通した各出力値を、まずフレームメモリ11及び12へ直接転送し、全画面データをここに一旦記憶する。

【0064】次に画像合成回路9で、このフレームメモリの内容を上記に示した方法で合成し、各画素相当のRGBデータを、今度はワークメモリ13へ転送する。

【0065】更にメモリ制御手段10では、このワークメモリの内容を所定の圧縮フォーマットに基づいて圧縮し、その結果を外部メモリ14（通常はフラッシュメモリ等の不揮発性メモリで構成）に保存する。

【0066】逆に、外部メモリ14に保存してある画像データを観覧する場合には、そのデータを一旦メモリ制御手段へ転送し、ここであらかじめ設定してある圧縮フォーマットと全く同様の伸張処理を行ってから、その結果をワークメモリ13へ転送する。更にワークメモリ上のデータを、画像合成手段9を介してビデオメモリへ転送する事で、モニタ表示手段16を通して、既に撮影済みの画像をファインダ等へ表示する。

【0067】次に、カメラとしての実際のシーケンス動作について、図9のフローチャートを用いて説明する。まず最初のステップ100では、カメラのMAIN SW（メインスイッチで図1のカメラ操作スイッチ18の一部に相当）がONしているか否かの判定を行い、ここで撮影者の操作によりMAIN SWがON状態になった場合には、直ちにステップ101へ進んで、図1に示した各回路ブロック全体への電源供給を行う。

【0068】次にステップ102では、前述した方法の様に、撮像手段6からの信号を、A/D変換手段7、プロセス処理手段8、及び画像合成手段9の各回路を通してビデオ信号に変換する動作を開始し、更に、ステップ103でそのビデオ信号に対するモニタ表示動作を開始する。従って、このステップ102、103以降では、各フレーム毎に上記映像信号処理動作を繰り返す事になる。

【0069】続いてステップ104では、後述する振れ検出・補正制御込み処理を通して実際の防振動作若しくは画素ずらし動作を実行する為の割り込み処理を許可し、前述した様にレンズ駆動手段5を介してシフト補正

光学系4の駆動を開始する。従ってこれ以降では、このメインの動作実行中に、所定時間間隔毎に図12に示した振れ検出・補正割り込み処理を実行する事になる。

【0070】上記割り込み許可動作を行った後、ステップ105に於いてカメラの撮影モードがどうなっているかを判定する。図1の撮影モード設定手段2の設定が、一般的な撮影者の手持ちでの撮影を対象とした通常撮影の場合には、ステップ106へ進んで、内部フラグPMODEを0に設定し、ステップ108へ進む。

【0071】一方、ステップ105で撮影モード設定手段2の設定が、画素ずらし撮影に設定されている場合には、ステップ107で内部フラグPMODEを1に設定し、ステップ108へ進む。

【0072】上記動作の後、ステップ108では撮影者によるリリース操作が行われたか否かを判定する為に、図1のカマフラグスイッチ18のリリースSWがONしているかどうかを検出し、未だこのスイッチがOFFの場合には再びステップ105へ戻って、撮影モードの判定を繰り返す。

【0073】一方、スイッチがONの場合にはステップ109へ進み、ここで上記ステップ106、107で設定した内部フラグPMODEの状態を判定し、このフラグが0の場合、ステップ110へ進んで撮影・記憶モード1を実行する。

【0074】この撮影・記録モード1の動作については、図10のフローチャートを用いて説明を行う。まずステップ200では、プロセス処理回路8の出力を一時的に記憶するフレームメモリを選択する為のパラメータKに1を代入し、フレームメモリKを指定する。

【0075】次にステップ201では、撮像手段6での像データの蓄積動作が完了したか否かの判定を行って、蓄積が完了する迄ここで待機する。

【0076】ここで通常CCD等の撮像手段では、所定時間の蓄積動作が完了すると、次の電圧変換動作によって発生した電荷は、直ちに転送部へ転送されるので、その発生電荷を順々に読み出している最中でも、次の電圧変換動作は行っているものとする。

【0077】従って次のステップ202では、前述した様に各画素データ毎にプロセス処理した結果を、順々にフレームメモリK（この場合図1の11で示したフレームメモリ1）内に記憶していき、ステップ203で1フレーム目の全ての画素データがフレームメモリKに記憶された事を検出した時点で、次のステップ204へ進む。

【0078】ステップ204では、このフレームメモリの内容をまず画素合成回路9へ転送し、ここで前述した方法の様に、各画素毎の不足しているRGB情報に対する補間動作を実行して、その結果をステップ205にて一旦ワークメモリに転送する。この動作を1フレーム分連続して行い、ステップ206にて1フレーム分の処理

が完了した事を検出すると、ステップ207へ進む。

【0079】ステップ207から211では、実際の撮影画像の圧縮方法及びデータの保存方法について説明する。まずステップ207では、実際の画像を圧縮する方法として可逆圧縮の実行をメモリ制御回路10に対して設定する。

【0080】この可逆圧縮のタイプは、静止画の圧縮の規格を定めているJPEG形式の中で、具体的な圧縮方法としてDPCM(Differential PCM)等の方法が使われる。このDPCM法は、画像データに含まれる画素の内、隣り合う画素どうしの差分のみを伝送符号化するという考えに基いたものであり、この方法に依れば、原画像に対する圧縮率（作成された画像サイズ/原画像サイズ×100）は50%程度達しか圧縮出来ないが、どんな撮影被写体でも完全に元の画像を復元出来るので、原画像をこれ以上劣化させたくない時に利用するのに向いている。

【0081】従って、ステップ208では上記DPCM法等の可逆圧縮を、原画像のブロック単位（この場合は必ずしもブロック単位にしくなくても構わない）毎に実行し、ステップ209では実際に圧縮された画像データを、ハフマン符号化（発生確率の高い符号に短い符号長を、発生確率の低い符号に長い符号長を割り当てる）等を利用して実際の圧縮符号データに変換する。

【0082】次に、この符号化された画像データを、ステップ210に示した様に順々に外部メモリ14に記憶していき、ステップ211で全画像（全ブロック）の圧縮及び外部メモリへの保存が完了した事を検出して終了する。

【0083】この様な一連の動作を経て通常の撮影である撮影・記憶モード1は終了するが、次にこの動作中に所定時間間隔毎に割込み動作を行って処理を行う振れ検出・補正割り込み処理について、図12のフローチャートを用いて説明を行う。

【0084】このフローチャートは、主として図1の補正系制御手段2の内部動作を説明したものであり、上述した全体制御動作に対しての定期的な割り込み並びにデータ受け渡し動作からなっている。

【0085】まずステップ300で振れセンサ17の出力を、補正系制御手段20内のA/D変換回路を介してデジタルデータへの変換動作を開始し、次にステップ301ではこのA/D変換動作が終了するまで、所定時間待機する。A/D変換が終了した事を検知すると、ステップ302でこの変換結果を内部レジスタUに転送する。

【0086】次にステップ303では、このレジスタUを入力として、振れセンサ17に含まれる必要なD/C成分（ここでは図2に示したOPアンプ43等で構成されるアンプ部でのD/Cオフセットが主）を除去するためのハイパスフィルタ演算を実行するが、この動作について

は図13のフローチャートを用いて説明を行う。ここで簡単なハイパスフィルタ回路としては、図13の点線部Cで囲まれた1次進み回路を使用し、この入出力伝達特性を使用抵抗値 R_1 、及び使用容量値 C_1 を使って表現すると、

$$H(S) = VOUT/VIN = S \cdot C_1 \cdot R_1 / (1 + S \cdot C_1 \cdot R_1)$$

となる。

【0087】この伝達特性を、離散的な特性で表現する為のZ平面上に置き換える場合、公知のS-Z変換を使って、

$$H(Z) = (a_0 + a_1 \cdot Z^{-1}) / (1 + b_1 \cdot Z^{-1})$$

となる。

【0088】ここで各係数値 a_0 、 a_1 、 b_1 を、データのサンプリング時間間隔 T_s を使って表現すると、

$$\begin{aligned} a_0 &= (2/T_s) / (1/C_1/R_1 + 2/T_s) \\ a_1 &= (-2/T_s) / (1/C_1/R_1 + 2/T_s) \\ b_1 &= (1/C_1/R_1 - 2/T_s) / (1/C_1/R_1 + 2/T_s) \end{aligned}$$

となる。

【0089】上記変換方法にて、所定の係数値をあらかじめ求めておき、この値をステップ350～352の中で、内部レジスタA0、A1、B1に設定する。

【0090】次にステップ353では、1回前のサンプリングタイミングの同様な処理にて算出した演算結果の1つを記憶している内部メモリM(WH)から内部レジスタW1に転送し、続いてステップ354では、最初の演算として入力データが設定されている内部レジスタUから、上記レジスタB1とW1の乗算結果を減算し、その結果を別の内部レジスタW0に転送する。

【0091】更にステップ355では、上記内部レジスタA0とW0の乗算結果に対して、内部レジスタA1とW1の乗算結果を加算し、その結果を内部レジスタVに設定した後、ステップ356では、ステップ354で算出したレジスタW0の値を内部メモリM(WH)に記憶する事で、ハイパスフィルタの演算を全て終了する。

【0092】再び図12のフローチャートで、まずステップ304では、上記ハイパス演算結果を記憶している内部レジスタVの値を、次の演算の為に内部レジスタUに転送する。そして、次のステップ305では、上記演算にて不要なD成分を取り除いた後の角速度信号を、角変位信号に変換するための積分演算を実行する。

【0093】この積分動作については、図14のフローチャートを用いて説明を行う。ここで簡単な積分回路としては、図14の点線部Dで囲まれた1次遅れ回路を使用し、この入出力伝達特性を使用抵抗値 R_1 、及び使用容量値 C_1 を使って表現すると、

$$H(S) = VOUT/VIN = 1 / (1 + S \cdot C_1 \cdot R_1)$$

となる。

【0094】この伝達特性を、離散的な特性で表現する為のZ平面上に置き換える場合、ハイパスフィルタ演算と同様に、公知のS-Z変換を使って、

$$H(Z) = (a_0 + a_1 \cdot Z^{-1}) / (1 + b_1 \cdot Z^{-1})$$

となる。

【0095】ここで各係数値 a_0 、 a_1 、 b_1 を、データのサンプリング時間間隔 T_s を使って表現すると、

$$\begin{aligned} a_0 &= (2/T_s) / (1/C_1/R_1 + 2/T_s) \\ a_1 &= (-2/T_s) / (1/C_1/R_1 + 2/T_s) \\ b_1 &= (1/C_1/R_1 - 2/T_s) / (1/C_1/R_1 + 2/T_s) \end{aligned}$$

となる。

【0096】上記変換方法にて、所定の係数値をあらかじめ求めておき、この値をステップ400～402の中で、内部レジスタA0、A1、B1に設定する。

【0097】次にステップ403では、1回前のサンプリングタイミングの同様な処理にて算出した演算結果の1つを記憶している内部メモリM(W1)から内部レジスタW1に転送し、続いてステップ404では、最初の演算として入力データが設定されている内部レジスタUから、上記レジスタB1とW1の乗算結果を減算し、その結果を別の内部レジスタW0に転送する。

【0098】更にステップ405では、上記内部レジスタA0とW0の乗算結果に対して、内部レジスタA1とW1の乗算結果を加算し、その結果を内部レジスタVに設定した後、ステップ406では、ステップ404で算出したレジスタW0の値を内部メモリM(W1)に記憶する事で、積分演算を全て終了する。

【0099】以上の動作にて算出した積分演算出力結果の内部レジスタVの値を、ステップ306にて内部レジスタUに転送した後、ステップ307では図1の撮影レンズ3のズーム位置(z)及びフォーカス位置(f)に基づく感度(実際の撮像信号に対してどの程度の割合で撮像補正系を動かすかを設定する値)を、開放k(z, f)に従って内部レジスタKに設定する。そしてステップ308で、このレジスタKの値を上記積分演算結果を記憶している内部レジスタUに対して乗算を行って、実際のシフトに必要となる駆動値に変換し、その結果を内部レジスタDRに設定する。

【0100】続いてステップ309では、図9の全体シーケンスで撮影モードによって一體的に設定した内部フラグPMODEの状態を判別する。ここでは、現在の撮影モードが通常の撮影モードなのでPMODEの値を0であり、従って次にステップ310を実行する。

【0101】ステップ310では、図4に示した補正系位置検出回路からの出力に対して、A/Dコンバータ98の入力AN-Aを選択する。ここで、AN-Aに入力している点線Aで囲まれた増幅回路は、補正系の全ストロークをカバーするような電圧設定となっている為、このA/Dコンバータ98によって全ストローク範囲の

換出が可能である。

【0102】以上の設定を行った後、ステップ311で実際のA/D変換動作を開始し、ステップ312でこの変換が終わるまで待機した後、ステップ313でこのA/D変換の結果を内部レジスタUに設定する。

【0103】ステップ314では、この内部レジスタUの値に対して、ある所定のゲイン値H₀を乗算して感度ゲイン（この場合実際の移動量を所定のデジタル値に合わせ込むもの）を適当な値に設定し、その結果を内部レジスタPSに再設定する。

【0104】次にステップ322では、振れセンサ出力から検出したセンサ駆動量を記憶している内部レジスタDRの値と、上記方法で検出した現在の補正系位置出力値を記憶している内部レジスタPSの値との減算を行って、その結果DR-PSを内部レジスタUに設定する。この内部レジスタUに設定された値は、現時点での実際の振れ量とその時の補正光学系の補正量との差分であり、正確に両者の感度を前もって調整しておけば、本来両者の差は0になる筈である。実際には、ステップ323で示したように、この両者の差分量に対してある所定のゲイン値LPG（通常フィードバック系のゲイン）を乗算し、その差分量を増幅して再び内部レジスタUに設定する。

【0105】この内部レジスタUの値に対して、ステップ324では全体制御系のフィードバックを安定に動作させるための位相補償演算を行う。この位相補償演算に対しては、図15のフローチャートを用いて説明を行う。

【0106】ここで標準的な位相補償回路としては、図15の点線部Eで囲まれた位相進み補償回路を使用し、この入出力伝達特性を使用抵抗値R₁、R₂、及び使用容量値C₁を使って表現すると、

$$H(S) = \text{VOUT} / \text{VIN} = (R_2 + S \cdot C_1 \cdot R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2 + S \cdot C_1 \cdot R_1 \cdot R_2)$$

となる。

【0107】この伝達特性を、離散的な特性で表現する為のZ平面上に置き換える場合、前述したと同様な公知のS-Z変換を使って、

$$H(Z) = (a_0 + a_1 \cdot Z^{-1}) / (1 + b_1 \cdot Z^{-1})$$

となる。

【0108】ここで各係数値a₀、a₁、b₁を、データのサンプリング時間間隔T_Sを使って表現すると、

$$\begin{aligned} a_0 &= (1/C_1 \cdot R_1 / R_2 + 2/T_S) / ((R_1 + R_2) / C_1 / R_1 / R_2 + 2/T_S) \\ a_1 &= (1/C_1 \cdot R_1 / R_2 - 2/T_S) / ((R_1 + R_2) / C_1 / R_1 / R_2 + 2/T_S) \\ b_1 &= ((R_1 + R_2) / C_1 / R_1 / R_2 - 2/T_S) / ((R_1 + R_2) / C_1 / R_1 / R_2 + 2/T_S) \end{aligned}$$

となる。

【0109】上記変換方法にて、所定の係数値をあらかじめ求めておき、この値をステップ450〜452の中

で、内部レジスタA0、A1、B1に設定する。

【0110】次にステップ453では、1回前のサンプリングタイミングの同様な処理にて算出した演算結果の1つを記憶している内部メモリM(WB)から内部レジスタW1に転送し、続いてステップ454では、最初の演算として入力データが設定されている内部レジスタUから、上記レジスタB1とW1の乗算結果を減算し、その結果を別の内部レジスタW0に転送する。

【0111】更にステップ455では、上記内部レジスタA0とW0の乗算結果に対して、内部レジスタA1とW1の乗算結果を加算し、その結果を内部レジスタVに設定した後、ステップ456では、ステップ454で算出したレジスタW0の値を内部メモリM(WH)に記憶する事で、位相補償演算を全て終了する。

【0112】次にステップ325で、この位相補償演算結果を記憶している内部レジスタVの値を内部レジスタUに再設定し、この演算結果をステップ326で不図示のD/Aコンバータを介してアナログのデータに変換し、補正系駆動手段5への入力データとする。そして、最終的には図3のシフト補正ユニットの説明で行った、磁気回路を介して補正系を所定方向に駆動する事になる。

【0113】この様に、所定時間間隔毎に実際の振れ量に対する補正系の位置量との差分をとり、その差分を増幅した電流量をもって、補正系を常にフィードバック制御する事で、摩擦等の影響を受けずに正確に振れ補正を実現する事が出来る。尚、本動作では片軸方向周りの振れ補正のみの説明を行ったが、もう一方の軸に対しても動作は全く同じなので、ここでの説明は省略する。

【0114】以上のようにして、図10の撮影・記録モード1実行中の振れ検出・補正割り込み処理は完了するが、最後に図9の全体シーケンスのステップ112に於いて、カメラのレリーズSWがオフしているか否かの判定を行い、レリーズSWがオンのままならこのままステップ112にとどまり、オフを検出すると再びステップ108へ戻ることになる。

【0115】一方、図9のカメラシーケンスのステップ109で、図1の撮影モード設定手段2の状態によって設定された内部フラグPMODEの状態が1の場合には、今度はステップ111へ進んで、画面ずらし撮影モードである撮影・記憶モード2を実行する。

【0116】ここで画面ずらし撮影とはどの様なものなのかを、図6を使って説明する。上の図は、オリジナル画像のRGB各配列を模式的に表したもので、前述したペイヤー配列を形作っている。

【0117】このオリジナル画像のデータを、次の1フレーム期間中図1の補正光学手段4をX方向に所定量だけ傾かせた事で、図6の下の一番左端に示したような、オリジナル画像に対して水平方向に1画素ピッチだけずれた画像データを得る事が出来る。

【0118】従って、この1回目の画素ずらしによって、理想的には各色毎に対して水平方向の画像の空間周波数を2倍に向上させる事が可能である。

【0119】2回目の画素ずらしでは、上記1回目の画素ずらし状態のまま、今度は補正光学手段4をX方向及びY方向に所定量偏心させる事で、図6の下の中央に示したような、オリジナル画像に対して斜め方向に半画素ピッチずれた画像データを得る事が出来る。

【0120】更に、3回目の画素ずらしでは、2回目の画素ずらし状態のまま、補正光学手段4を再びX方向のみ偏心させる事で、図6の下の右端に示したような、オリジナル画像に対して斜め方向に半画素ピッチだけずれた画像データを得る事が出来る。こうしてオリジナル画像に対して、各フレーム毎に所定画素ピッチずつずらし、計4回の撮影画像データを合成して組み合わせる事により、水平・垂直方向共に画像の空間周波数を約2倍近く向上させる事が可能となる。

【0121】次に、この実際の画素ずらし撮影について、図11のフローチャートに示した撮影・記憶モード2を用いて説明を行う。まずステップ250では、プロセス処理回路8の出力を一時的に記憶する、フレームメモリを選択する為のパラメータKに1を代入し、フレームメモリ1を指定する。

【0122】次にステップ251では、撮影手段6での像データの蓄積動作が完了したか否かの判定を行って、蓄積が完了する迄ここで待機する。ここで通常COD等の撮像手段では、所定時間の蓄積動作が完了すると、その光電変換動作によって発生した電荷が、直ちに転送部へ転送されるので、その発生電荷を順々に読み出している最中も、次の電荷蓄積動作は行っている事とする。

【0123】図6に示したような、オリジナル画像の像蓄積動作が終了すると、次にステップ252及びステップ253では、1回目の画素ずらしを実現する為の補正光学手段の偏心データ量、 ΔX (K) 及び ΔY (K) を設定し、レンズ駆動手段5を介して実際に補正光学手段4を偏心駆動する。

【0124】この場合、最初の偏心量 ΔX (1) は、オリジナル画像に対して1画素ピッチだけ撮像面上で被写体がずれるような量であり、 ΔY (1) はY方向に偏心させない為0である。

【0125】従って次のステップ254では、オリジナル画像を各画素データ毎にプロセス処理した結果を、順々にフレームメモリK (この場合図11の1で示したフレームメモリ1) 内に記憶しておき、次いでステップ255で1フレーム内の全ての画素データがフレームメモリKに記憶された事を検出した時点で、次のステップ256へ進む。

【0126】ステップ256では、上記フレームメモリ設定パラメータKの値がN (この場合4) に等しいか否かの判定を行い、等しくない場合はステップ257でK

の値を1カウントアップして、再びステップ251で次の1フレームの蓄積が完了したか否かの判定を実行する。

【0127】ステップ251で像蓄積の完了を検出すると、今度はステップ252及びステップ253で、 ΔX (2) は及び ΔY (2) はオリジナル画像に対して斜め方向に半画素ピッチずらすような値を設定してから、前記ステップ254～257の動作を繰り返す。

【0128】更にもう一度ステップ252及び253を実行する場合には、今度は ΔX (3) は前記2回目の画素ずらしに対して水平方向に1画素ピッチずらすような値を設定し、 ΔY (3) は0とする。

【0129】以上の様にして、ステップ256でKの値がN (この場合4) に等しくなる迄処理を繰り返して、図6に示した様に、各フレーム毎にX、Y方向に所定画素ピッチずつれた4フレームの画像を得る事が出来る。

【0130】上記画素ずらし撮影の様子を、もう少し補正光学手段4の動きにそって表現したものが図7である。この図7は、実際の補正光学手段4のX及びY方向の動きを、時間軸tに対して示したもので、初めは振れセンサ出力に基づいて補正系を駆動しておき、1回目の撮影 (像蓄積終了) 後、補正光学手段4はX方向のみ ΔX (1) だけ平行に偏心移動し、この状態で2回目の撮影を行う。

【0131】2回目の撮影終了後、今度はX及びY方向にそれぞれ ΔX (2)、 ΔY (2) だけ偏心移動し、更に3回目の撮影を行う。再び3回目の撮影終了後、X方向のみ ΔX (3) だけ偏心移動し、4回目の撮影を行って全てを完了する事になる。

【0132】次にステップ258以降では、実際に画素ずらしによって得られた高密度の画像データを実際にRGB情報に変換する動作を行う。まずステップ258では、画素ずらし撮影での1回目の撮影で取り込んだ画像データを記憶しているフレームメモリを指定するパラメータKの値を1に設定する。

【0133】続いて、このフレームメモリの内容をまず画像合成回路9へ転送して、ここでは前述した撮影・記憶モード1の場合とは違って、直ちに各画素毎の不足しているRGB情報に対する補間動作は実行せず、そのままステップ260で1フレーム分の転送が完了したか否かの判定のみを行う。

【0134】ステップ260で1フレーム分の転送が完了した事を検出すると、今度はステップ261へ進み、ここで全撮影画像データの転送が完了した事を検出する為、Kの値がN (この場合4) に等しいか否かを判定する。まだ全撮影画像データの転送が完了していない場合には、ステップ262でKの値を1カウントアップし、再びステップ259へ進んで次のフレームメモリの内容の転送を開始する。

【0135】最終的に全撮影データの転送が完了する

と、ステップ261でKの値がNに等しくなると、次にステップ263へ進み、ここで初めて全撮影画像データの実際の合成を行う。

【0136】この画像合成の様子を図8を併せて説明する。この図の左端は、画素ずらし後に得られる画素データの配列を空間的に再配置したもので、図5に示したオリジナルのペイヤー配列の撮像素子の画像データと比較すると、水平及び垂直共に略2倍近くの空間周波数を持つ画像データ配列である。

【0137】しかし、この場合も水平及び垂直方向共に2倍の各RGB情報を得るためには、この図の中央に示したマトリクス行列で構成される補間フィルタを、この画像データにかけてやる必要がある。

【0138】まずG成分についてであるが、この場合は従来と同じ3×3のマトリクス行列で充分であるが、例えばaの位置のG信号を作り出す場合、点線で囲んだa及びその周囲8画素の各輝度データに、Gの補間フィルタの係数をそれぞれ掛け合わせる事で求める事が出来る。

【0139】この場合、aの位置のG出力に対する係数は1で、その上下左右は0.25であるが、この位置のG出力は0なので、実質的にはこのaの位置に出力値のみでGデータは決定する。

【0140】一方、bの位置のG信号を作り出す場合、同様に点線で囲んだb及びその周囲8画素の各輝度データに、Gの補間フィルタの係数をそれぞれ掛け合わせる事で求める事が出来るが、この場合もbの位置のG信号はないので、上下左右のG信号の平均値を使って、この位置でのGデータを決定するものである。

【0141】次にR/Bについてはもう少し複雑で、この図の左端の配列を見てみるとわかるように、水平方向に対してはすぐ隣の画素データから補間出来るが、垂直方向に対しては多少離れた位置の画素データを使って補間する必要があるが、5×5のマトリクス行列を使用し、しかも今までの様にマトリクス行列の中心から見て点対称でない係数配列になっている。

【0142】以上のような演算を、各RGBに対して全画素配列毎に行う事により、最終的には図8の右端の様な全画素配列に対してのRGB情報を算出する事が出来る。

【0143】次にステップ264では、この4回の撮影から画像合成した画像データを実際に圧縮・保存する為に、まずこのデータを全て一旦ワークメモリ13へ転送する。続いてステップ265では、圧縮タイプとして非可逆圧縮（基に復元動作を行った時に実際の原画像と全く同じものは出来ない）を実行する事をメモリ制御回路10に対して設定する。

【0144】この非可逆圧縮の方法としては、静止面の圧縮の規格を定めているJPEG形式の中で、例えば8×8画素毎のブロックに分割した上で、各画素の2次元

の周波数データに変換する、いわゆるDCT (Discrete Cosine Transform) 変換等があり、この方法によればかなり原画像のデータ量を減らす事が出来る。

【0145】従って、実際の圧縮動作の実行は、ステップ266で上記DCT法等の非可逆圧縮を、上記画素ずらし後の合成画像に対してブロック単位（8×8画素を1ブロック）毎に実行し、ステップ267では実際に圧縮された画像データを、撮影・記憶モード1の場合と同様に、ハフマン符号化等を利用して実際の圧縮符号データに変換する。この符号化された画像データは、ステップ268に示した様に順次外部メモリ14に記憶していく、ステップ269で全画素（全ブロック）の圧縮及び外部メモリへの保存が完了した事を検出して終了する。

【0146】次に、この撮影・記憶モード2を実行している最中の撮像・補正動作について、再び図12を用いて説明を行う。図12に於いて、ステップ300～308の動作については既に説明した通りであり、ここでの説明は省略する。

【0147】ステップ309では、カメラの撮影モード判定にて設定されている内部フラグPMODEの値を判別し、この場合は高精細な画像を出力する為の画素ずらし撮影モードに設定されているので、ステップ315へ進んでA/D変換を行う入力としてAN-Bを選択する。

【0148】このAN-B入力には、図4に示した様にシフト補正光学系の最終出力として、点線で囲まれた反転増幅部Dの出力が接続されており、この増幅部Dはもう一方の増幅部Aに比べて増幅率が大きく、補正系全体のストロークの中心付近のみを拡大したものとなっている。従って、この出力をA/Dコンバータで読み取れば、増幅部Aの出力を読み取る場合に比べて、より高精細な位置判別を実現する事が可能となる。

【0149】ステップ316では実際の補正系位置出力のA/D変換動作を開始し、ステップ317でこのA/D変換動作が完了したか否かの判定を行い、A/D変換動作が完了した事を検出すると、ステップ318へ進んでA/D変換の結果を内部レジスタUに転送する。

【0150】ステップ319では、この内部レジスタUの値に対して、ある所定のゲイン値H1を乗算して感度ゲイン（この場合実際の移動量を所定のデジタル値に合わせ込む為のもので、アンプ部Bのゲインがアンプ部Aに比べて大きい分、ゲインH0に比べて小さい値に設定）を適当な値に設定し、その結果を内部レジスタPに再設定する。

【0151】次にステップ320では、前述した画素ずらし撮影モード時のステップ252、253で設定している画素ずらし量DRX（又はDRY）の値に、撮影光学系のズームやフォーカス状態により一時的に決定する

変数値Kの値を乗算し、その結果を内部レジスタDRSに設定する。

【0152】尚、このDRX及びDRYの値は、1回目の撮影時は共に0、2回目の撮影時は $DRX = \Delta X$ (1)、 $DRY = 0$ 、3回目の撮影時は $DRX = \Delta X$ (2)、 $DRY = \Delta Y$ (2)、4回目の撮影時は $DRX = \Delta X$ (3)、 $DRY = 0$ の各値を実際の各撮影開始前に設定する事になる。

【0153】続いてステップ321では、ステップ308で決定している振れセンサ出力に基づく補正系駆動量DRの値と、この画素ずらしでの補正系駆動量DRSの値を加算し、再びその結果を内部レジスタDRに設定する。

【0154】その後は、前述したステップ322~326の動作を実行する事で、実際の補正系駆動量と補正系位置検出系の差分を演算し、適当なループゲインの設定と位相補償を行って、補正系駆動データに変換し、この振れ検出・補正割り込み処理を終了する。

【0155】この様に画素ずらし撮影モードの場合、実際の手振れを十分に補正するだけの補正ストロークは検出範囲上廻しはなるが、その分特定の範囲での位置検出分解能を上げる様に全体の構成を変更している。

【0156】以上のようにして、図11の撮影・記憶モード2は完了し、最後に図9のステップ112でカメラのレリーズSWがオフしているか否かの判定を行って、レリーズSWがオンのままならこのままステップ112にとどまり、オフになった時点で再びステップ108へ戻る事になる。

【0157】以上本実施例では、カメラの撮影モードが通常の手振れ補正を前提とした撮影モードであるか、高精細な画像を出力する為の画素ずらし撮影モードであるかによって、補正系位置検出部の感度を変更し、一方はストロークを優先する事で充分な手持ち撮影を可能とし、もう一方は制御の分解能を優先する事で正確な位置に補正レンズを駆動するというように、それぞれの撮影モードに最も適した方法で制御を実行するというものである。

【0158】具体的には、カメラの撮影モードが動画撮影モードに設定されている場合、補正光学系のストローク範囲を優先し、分解能を粗い状態で読み取る様にし、一方撮影モードが画素ずらし撮影モードに設定されている場合は、補正光学系のストロークは狭くし、分解能を細かくする様にする。

【0159】又、補正光学系の制御は上記方法の様にレンズそのものの位置を読み取って、その位置が目標信号に一致する様にフィードバック制御を行っているが、この制御系の周波数特性そのものを、撮影モードによって変更する。

【0160】例えば、防振撮影モードの場合、手振れに相当する1Hzから20Hz迄の信号を検出して補正す

るので、その範囲での補正系の位相遅れが極力小さくなる様に全体の周波数特性を決定するが、画素ずらし撮影の場合、微少変位しか補正光学系を駆動しないので、いかに静止摩擦に抗して目標となる次の位置に正確に移動させるかが特性決定の重要ポイントとなる。

【0161】(第2の実施形態) 次に本発明の第2の実施例について、図16のフローチャートを用いて説明を行う。このフローチャートは、図12の振れ検出・補正割り込み処理と同様に、図11の撮影・記憶モード1及び図12の撮影・記憶モード2の処理実行中に、定期的に割込み動作を行って所定の処理を行うものである。

【0162】まずステップ500~508の動作は、ステップ300~308の動作と全く同様であり、ここでの詳しい説明は省略するが、振れセンサからの出力をA/Dコンバータを介してデジタルデータに変換した後、不要D/C成分をハパスフィルタを介して取り除き、更に積分演算を介して角変位量に変換した後、撮影光学系のズーム状態並びにフォーカス状態に基づくシフト補正感度の処理を行って、実際の振れ検出量に対しての目標駆動量を算出する。

【0163】次にステップ509では、A/Dコンバータの入力としてAN-Aを選択し、図4の補正光学系の位置検出処理として、反転増幅部Aを選択する。従って、この場合はシフト補正光学系全体のストロークをA/Dコンバータを介して取り込む事になる。

【0164】ステップ510では、実際に補正系位置出力のA/D変換動作を開始し、ステップ511ではそのA/D変換動作が完了するまで待機した後、変換が終了した時点でステップ512へ進んで、その変換結果を内部レジスタUに設定する。

【0165】ステップ513では、この内部レジスタUの値に対して、ある所定のゲイン値Hを乗算して感度ゲイン(この場合実際の移動量を所定のデジタル値に含ませ込むもの)を適当な値に設定し、その結果を内部レジスタPSに再設定する。

【0166】次にステップ514では、カメラの撮影モードによって一義的に設定されている、内部フラグPMODEの状態を判別する。カメラの撮影モードが通常撮影モードの場合、PMODEの値は0なので、そのまますてップ517へ進む事になるが、カメラの撮影モードが高精細の画像を出力する為の画素ずらしモードの場合、PMODEの値は1で、この場合ステップ515以降を実行する。

【0167】まずステップ515では、前述した様に画素ずらし撮影モード時のステップ252、253で設定している画素ずらし量DRX(又はDRY)の値に、撮影光学系のズームやフォーカス状態により一義的に決定する変数値Kの値を乗算し、その結果を内部レジスタDRSに設定する。尚、このDRX及びDRYの値は、前述した値と同じである。

【0168】続いてステップ516では、ステップ508で決定している振れセンサ出力に基づく補正系駆動量DRの値と、この要素ずらしでの補正系駆動量DRSの値を加算し、再びその結果を内部レジスタDRに設定する。

【0169】次にステップ517では、振れセンサ出力から検出したセンサ駆動量を記憶している内部レジスタDRの値と、上記方法で検出した現在の補正系位置出力値を記憶している内部レジスタPSの値との減算を行って、その結果を内部レジスタUに設定する。この内部レジスタUに設定された値は、現時点での実際の振れ量とその時の補正光学系の補正量との差分であり、正確に両者の感度を前もって調整しておけば、本来両者の差は0になる筈である。

【0170】ステップ518では再び内部フラグPMODEの状態を判別し、PMODEの値が0の場合にはステップ519へ進んで、このレジスタUの値に対してある所定のゲイン値LPG1（通常フィードバック系のゲイン）を乗算し、再び内部レジスタUに設定する。

【0171】この内部レジスタUの値に対して、ステップ520では全体制御系のフィードバックを安定に動作させる為の位相補償演算-1を実行する。この位相補償演算-1は、前述した図15のフローチャートに従って、所定の演算を行う事で実現するものであるが、その各定数値は右図のR1、R2、C1の各値を設定する事で一般的に決定できる。

【0172】ここではその定数を適当な値に設定する事で、図17の(a)、(b)に示したような周波数特性を得る様になっている。この図17の特性は、上記位相補償演算-1を実行した場合のシフト補正光学系の閉ループ特性を示したもので、手振れの周波数帯域(20Hz位)をカバー出来る様に、100Hz位迄はゲインが1を保ち、位相遅れもなるべく少なくするように設定している。

【0173】これに対してステップ518で内部フラグPMODEの状態を判定した結果、PMODEの値が1の場合にはステップ521へ進んで、このレジスタUの値に対してある所定のゲイン値LPG2（通常フィードバック系のゲイン）を乗算し、再び内部レジスタUに設定する。

【0174】この内部レジスタUの値に対して、ステップ522では全体制御系のフィードバックを安定に動作させる為の位相補償演算-2を実行する。この位相補償演算-2は、位相補償演算-1と違って、画素ずらし撮影を行う場合に適した剛勁を実行する為のものであり、この演算を行った場合のシフト補正光学系の周波数特性は、図17(c)、(d)に示した様になる。この特性の場合、実際の撮影者の手振れを取り除く事より、画素ずらし撮影の為の補正光学系の位置精度に重点を置いたものであり、DCに近い付近での閉ループゲインは極力

1に近く、数Hz位迄の位相遅れは極力少ないように設定している。

【0175】次にステップ523で、この位相補償演算結果を記憶している内部レジスタVの値を内部レジスタUに再設定し、この演算結果をステップ524で不図示のD/Aコンバータを介してアナログのデータに変換し、補正系駆動手段5への入力データとする。そして、最終的には図3のシフト補正ユニットの説明で行った、磁気回路を介して補正系を所定方向に駆動する事になる。

【0176】以上本実施例では、カメラの撮影モードが通常の防振撮影を前提としたモードであるか、高解像な画像を出力する為の画素ずらし撮影モードであるかによって、実際の補正光学系の周波数特性を変更し、両撮影モードに適した制御を実行するというものである。

【0177】(第3の実施形態)次に本発明の第3の実施形態について、図18のフローチャートを用いて説明を行う。本実施例では、図9のフローチャートに示した全体シーケンスの中で、図18の振れ検出・補正割り込み処理を実行し、カメラの設定撮影モードに応じてその制御動作を変更するものである。

【0178】ステップ550では初めにカメラの撮影モードによって一時的に設定されている内部フラグPMODEの状態を判別し、この値が0の場合にはステップ551以降を実行する。ステップ551から559迄は、図12のステップ300から308迄と全く同じであり、振れセンサからの出力をA/Dコンバータを介してデジタルデータに変換した後、ハイパスフィルタを介して不要なDC成分を取り除き、積分演算を行って角変位量に変換するものである。従って、最終的にはステップ559で振れ補正の目標駆動量DRを算出する。

【0179】一方ステップ550で内部フラグPMODEの値が1の場合には、カメラの撮影モードが高解像の画像を出力する為の画素ずらし撮影モードに設定されており、この場合には上記ステップ551から559迄の振れセンサ処理を実行せず、直接ステップ560以降を実行する。

【0180】次にステップ560では、A/Dコンバータの入力としてAN-Aを選択し、図4の補正光学系の位置検出処理として、反転増幅部Aを選択する。従って、この場合はシフト補正光学系の上ストロークをA/Dコンバータを介して取り込む事になる。

【0181】ステップ561では、実際に補正系位置出力のA/D変換動作を開始し、ステップ562ではそのA/D変換動作が完了するまで待機した後、変換が終了した時点でステップ563へ進んで、その変換結果を内部レジスタUに設定する。

【0182】ステップ564では、この内部レジスタUの値に対して、ある所定のゲイン値H0を乗算して感度ゲイン（この場合実際の移動量を所定のデジタル値に合

わせ込むもの)を適当な値に設定し、その結果を内部レジスタPSに再設定する。

【0183】次にステップ565では、カメラの撮影モードによって自動的に設定されている、内部フラグPMODEの状態を再び判別する。カメラの撮影モードが通常撮影モードの場合、PMODEの値は0なので、そのままステップ569へ進むことになるが、カメラの撮影モードが高倍率の画像を出力するための画素ずらしモードの場合、PMODEの値は1で、この場合ステップ566以降を実行する。

【0184】まずステップ566では、補正系の目標駆動量の値が設定される内部レジスタDRの値を0にクリアする。従って画素ずらし撮影モードの場合、振れセンサからの出力を全く使わない事になる。

【0185】次にステップ567では、前述した様に画素ずらし撮影モード時のステップ252、253で設定している画素ずらし量DRX(又はDRY)の値に、撮影光学系のズームやフォーカス状態により自動的に決定する変数値Kの値を乗算し、その結果を内部レジスタDRSに設定する。尚、このDRX及びDRYの値は、前述した値と同じである。

【0186】続いてステップ568では、上記ステップ566で0にクリアされている補正系駆動量DRの値と、この画素ずらしでの補正系駆動量DRSの値を加算し、両者の結果を内部レジスタDRに設定する。

【0187】次にステップ569では、振れセンサ出力から検出したセンサ駆動量を記憶している内部レジスタDRの値と、上記方法で検出した現在の補正系位置出力値を記憶している内部レジスタPSの値との減算を行って、その結果を内部レジスタUに設定する。この内部レジスタUに設定された値は、現時点での実際の振れ量とその時の補正光学系での補正量との差分であり、正確に両者の感度を前もって調整しておけば、本来両者の差は0になる筈である。

【0188】ステップ570では、このレジスタUの値に対してある所定のゲイン値LPG(通常フィードバック系のゲイン)を乗算し、再び内部レジスタUに設定する。

【0189】この内部レジスタUの値に対して、ステップ571では全体制御系のフィードバックを安定に動作させる為の位相補償演算を実行する。この位相補償演算は、前述した図15のフローチャートに従って、所定の演算を行う事で実現するものであるが、その各定数値は右図のR1、R2、C1の各値を設定する事で一般的に決定できる。

【0190】次にステップ572で、この位相補償演算結果を記憶している内部レジスタVの値を内部レジスタUに再設定し、この演算結果をステップ573で不図示のD/Aコンバータを介してアナログのデータに変換し、補正系駆動手段5への入力データとする。そして、

最終的には図3のシフト補正ユニットの説明で行った、磁気回路を介して補正系を所定方向に駆動する事になる。

【0191】以上本実施例は、カメラの撮影モードが通常の防振撮影を前提としたモードであるか、高精細な画像を出力するための画素ずらし撮影モードであるかによって、振れセンサからの信号処理そのものを変更し、両撮影モードに適した制御を実行するというものである。

【0192】尚、本実施例では上述した様に、画素ずらし撮影モードの場合振れセンサからの出力を一切使用しないので、図1の全体制御手段を介して振れセンサ17への電源供給を停止する事も可能である。

【0193】具体的には、カメラの撮影モードが防振撮影モードに設定されている場合、カメラのメインスイッチがONとなると同時に振れセンサへの通電を開始し、その出力を信号処理して、その結果に基づいて補正光学系の駆動制御を開始する。又、カメラの撮影モードが画素ずらし撮影モードに設定されている場合、カメラのメインスイッチがONとなっても振れセンサへの通電は行わず、制御系内部で発生する目標位置信号に従って制御系を駆動する。

【0194】このように、カメラ自体の設定撮影モードが、撮影者の手振れを取り除く為の防振撮影モードか、高精細の画像を取り込む為の画素ずらし撮影モードかによって、振れセンサの処理そのものを切り替える事により効率的な制御が可能となる。

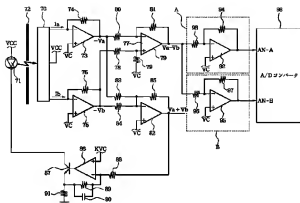
【0195】

【発明の効果】以上説明したように、本願によれば、撮影者の設定したカメラ自体の撮影モードが通常の防振撮影モードの場合は、撮影者の手振れの影響を取り除く為に、補正系の位置検出として補正ストロークを優先するように処理回路系の感度を設定し、一方高精細な画像を出力するための画素ずらし撮影モードの場合、補正ストロークよりも検出分解能を優先する様に処理回路系の感度を設定する事で、正確に所定の位置に補正系を駆動できる為、2つの異なる撮影モードに於いて補正系の最適な精度を保つという効果がある。

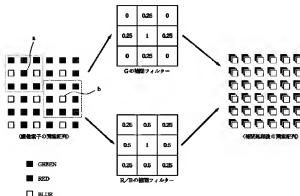
【0196】また本願によれば、撮影モードが通常撮影の場合は、補正光学系の周波数特性を手振れ周波数全般たとえば(数10Hz迄)に対してある程度の抑制率(画像揺れ量を抑え込む能力を各周波数軸上で表したもの)が得られる様な値に設定し、一方撮影モードが画素ずらし撮影モードの場合は、補正光学系の周波数特性をDC付近で充分な性能を引き出せる様に設定する為、2つの異なる撮影モードのいずれに於いても、補正光学系の充分な動特性を引き出す事が出来るという効果がある。

【0197】また本願によれば、撮影モードが通常撮影の場合には、通常通り振れセンサ出力に対する演算を実行し、その出力を目標信号として振れ補正光学系を駆動

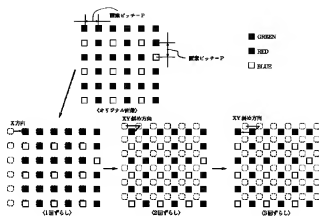
【図4】



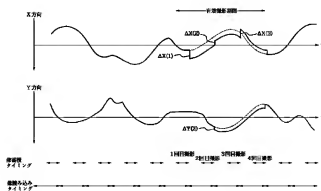
【図5】



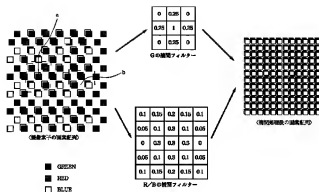
【図6】



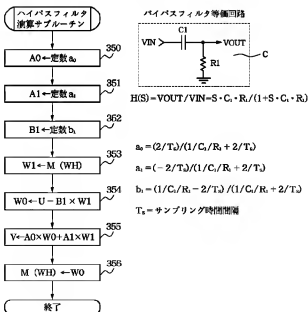
【図7】



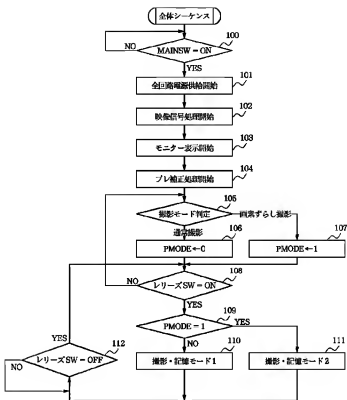
【図8】



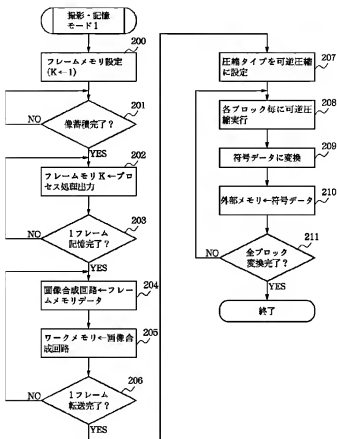
【図13】



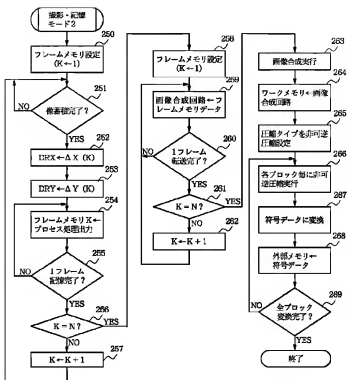
【図 9】



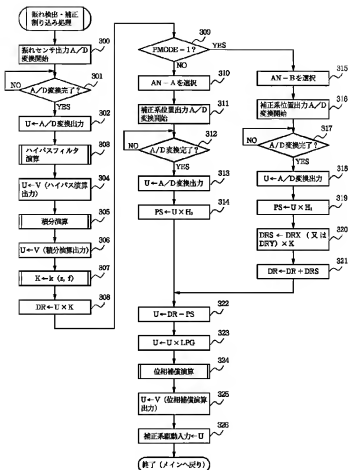
【図10】



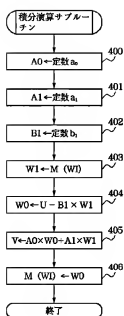
【図11】



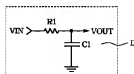
【図12】



【図14】



積分等価回路



$$H(S) = VOUT/VIN = 1/(1 + S \cdot C_1 \cdot R_1)$$

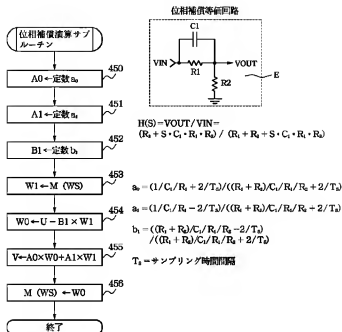
$$a_0 = (1/C_1/R_1)/(1/C_1/R_1 + 2/T_s)$$

$$a_1 = (1/C_1/R_1)/(1/C_1/R_1 + 2/T_s)$$

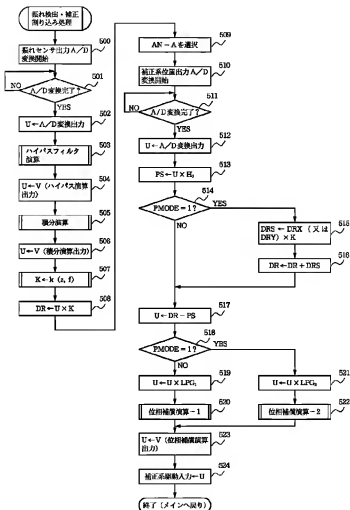
$$b_1 = (1/C_1/R_1 - 2/T_s)/(1/C_1/R_1 + 2/T_s)$$

T_s = サンプルング時間間隔

【図15】



【図16】



【図 18】

